

investigaciones de Rizzolatti y colaboradores, constituye el eje sobre el cual gira toda su exposición.

Palabras clave: neuronas espejo; desarrollo temprano; conceptos abstractos; cognición corporizada

Título del trabajo: **El espejo de la acción y la encarnación de la cognición**

Autor: Alberto A. Yorio

E-mail: albertoyorio@yahoo.com

Institución: Cátedra de Neurofisiología II – Facultad de Psicología –UBA

Resumen:

En este trabajo se comentan algunas evidencias que sugieren que los “engramas motores” y el “patrón de inervación motora” clásicamente postulados como mecanismos independientes de la codificación de las “praxias”, tienen una existencia real y son funciones complementarias de una misma red de neuronas (“neuronas espejo”), que se localiza en la circunvolución supramarginal ubicada en el lóbulo parietal inferior izquierdo, cuya lesión ocasiona el trastorno neuropsicológico conocido como “apraxia ideomotora”.

La ubicación de esta red neuronal en la encrucijada entre las áreas de la corteza cerebral en las que se procesan la información vinculada con orientación espacial, visión y audición, facilita la integración de las distintas modalidades sensoriales que se requieren para las acciones complejas aprendidas, utilizando la actividad del sistema de NE como circuito de codificación.

A partir de esta integración de la información sensorial y motora, el sistema de NE puede también habilitar otros tipos de codificación de información abstracta, tal como el uso y comprensión de metáforas, lo que es una capacidad única del ser humano.

Varios estudios han demostrado que los sistemas sensoriales y motores son activados durante el aprendizaje y uso de conceptos. Tales resultados se han interpretado como indicativos de que el procesamiento semántico, y otros

aspectos importantes de la cognición, se corporizan en una forma inter-modal de integración sensorio-motora.

Palabras clave: Neuronas espejo – conceptos abstractos – cognición corporizada

Trabajo Completo:

1. Introducción

Las acciones realizadas por otros individuos constituyen una categoría de estímulos de la gran importancia sociobiológica para los primates. La evidencia que la actividad de una población de neuronas de la corteza cerebral sintoniza o “mapea” movimientos, y que también es activada como mapa perceptual por estímulos visuales implicados en movimientos del propio individuo, o de otros individuos, ha dado lugar a la idea que estas neuronas, denominadas por lo tanto “neuronas espejo” (NE), codifican las mismas acciones realizadas u observadas. Varios factores pudieron haber actuado como presiones de selección para la constitución de las NE en la evolución natural: Los animales deben entender la finalidad de las acciones de otros individuos para poder sobrevivir. Además, la organización social en algunas especies es imposible sin la comprensión de las acciones de otros individuos. Finalmente, en el caso de los seres humanos, el aprendizaje por imitación es una facultad básica para la cultura que depende de la observación de las acciones hechas por otros individuos.

Aunque el significado funcional de las NE es aún especulativo, existen varios aspectos de la cognición animal y humana, que se han vinculado a este sistema neuronal que se comentan en este trabajo. En una primera sección se presentará una síntesis de los principales conocimientos sobre las NE. Se expondrán las propiedades básicas de las células espejo en los primates, y se explicarán los roles funcionales en la comprensión de la acción. Se expondrán también las evidencias de que en los seres humanos existe un sistema de NE similar al de los primates no humanos, que además de jugar un rol en la comprensión de la acción participa en aprendizaje por imitación, lo que constituye una capacidad exclusiva de los seres humanos. En la segunda

sección, se relacionará el sistema de NE con los movimientos intencionales. La tercera sección intentará relacionar el sistema de NE con el aprendizaje y uso de conceptos. Finalmente, en la última sección se discutirán dos concepciones opuestas acerca del desarrollo y los mecanismos de algunos procesos cognitivos.

2. El sistema de neuronas espejo

Originalmente descritas en el área F5 de la corteza pre-motora del mono macaco mediante registros de potenciales unitarios con microelectrodos, se han identificado dos clases de neuronas visuomotoras: las “canónicas”, que responden a la presentación visual de objetos, y las NE, que descargan cuando el mono observa acciones dirigidas a objetos. La descarga de las NE presenta cierta somatotopía según la acción de tomar un objeto se realice con una extremidad o con la boca. Investigaciones adicionales ha identificado NE en el lóbulo parietal inferior (LPI), por lo que se considera la existencia de un circuito o sistema de NE. Para que la descarga del sistema de NE sintonice con los estímulos visuales, es necesario que exista una interacción entre el objeto y la acción realizada por el individuo. El disparo de estas neuronas ocurre en dos circunstancias: cuando el animal efectúa acciones particulares, tales como agarrar un cacahuete, y cuando el animal observa a otro individuo asir un cacahuete. Las NE entonces, tienen dos propiedades de definición: responden específicamente a una acción particular, y producen su respuesta específica de acción de forma independiente si el mono ejecuta la acción u observa pasivamente a un con-específico realizar la misma acción.

En los seres humanos, las NE han sido identificadas predominantemente usando técnicas de imágenes cerebrales y de estimulación magnética transcraneana. En estudios de imágenes por resonancia magnética funcional (fMRI), el incremento en el flujo sanguíneo regional que se ha observado correlativa a la realización o la observación de acciones involucra un circuito que incluye áreas frontales, parietales y temporales de la corteza cerebral. La justificación para concluir que los datos de los estudios mencionados representan un sistema de NE surge de la evidencia que los mismos satisfacen tres criterios: a) La activación cerebral se detecta en regiones cerebrales homólogas a las que contienen las NE en el macaco, b) la actividad cerebral es modulada por la

actividad motora del sujeto, por ejemplo la acción de asir un objeto, y c) la actividad es también modulada por la observación por el agente de acciones similares realizados por otro individuo.

3. Posibles relaciones del sistema de NE con los movimientos intencionales en seres humanos

Se ha propuesto que las praxias normales de las extremidades están mediadas por el sistema de NE localizada en la circunvolución supramarginal del cerebro. La mayoría de las NE que disparan de la región del LPI sintonizadas con las acciones no lo hacen en respuesta a un movimiento aislado, sino en respuesta a una sucesión de movimientos combinados para producir una acción compleja. En virtud de ello se ha propuesto una nueva explicación, potencialmente comprobable, para el desorden neuropsicológico conocido como “apraxia ideomotora” (AI).

La AI se caracteriza por la incapacidad o dificultad del paciente para realizar en forma adecuada acciones complejas aprendidas. Este trastorno motor está presente a pesar que la fuerza y la coordinación de las extremidades son normales y que no existen trastornos sensoriales básicos. La AI incluye la inhabilidad para utilizar objetos con las extremidades de manera apropiada, y en mayor medida, la de realizar la mímica de la acción, o pantomima. Aunque la AI y la afasia de comprensión pueden coexistir en algunos pacientes, ambos desórdenes pueden ocurrir también en forma independiente, lo que demuestra que la apraxia no es debida a la incomprensión de los comandos verbales para la acción motora.

La AI es una condición clínica que resulta sobre todo de una lesión en la región de la circunvolución supramarginal del LPI, generalmente del hemisferio cerebral izquierdo y la materia blanca adyacente. En el pasado, se consideraba que mientras la circunvolución supramarginal almacenaba las imágenes visuales y cinestésicas para las acciones complejas, estas imágenes eran traducidas en la fórmula motora necesaria para ejecutar el movimiento en otra región del cerebro. En el presente se ha sugerido que ambas funciones complementarias no ocurren por separado, sino que se corresponden con la actividad del sistema de NE ubicada en el LPI. La corteza premotora, aunque implicada probablemente en el control motor fino y la imitación de gestos

simples (que se encuentran preservados generalmente en la AI), no es el área donde el “engrama” motor se convierte en un "esquema complejo de movimientos" ya que tal conversión no ocurriría, al poderse realizar ambas funciones por el mismo sistema de NE. De hecho es sabido que la LPI desempeña un papel relevante en el procesamiento de las entradas visuales y en control motor de las extremidades superiores. La naturaleza del sistema de NE en el LPI, que parece predisponer al enlace de movimientos individuales para formar una secuencia del acto, facilitaría así la ejecución coordinada y fluida de una acción compleja. En consistencia con esta esquema, los pacientes con AI no pueden afirmar si otro individuo está o no realizando una acción compleja correctamente.

4. El sistema de CE y los conceptos abstractos

Es posible que la prensión haya tenido un enorme valor para la supervivencia de los primeros primates. Por ejemplo, para alcanzar una rama oblicua, el cerebro de los primeros primates arbóreos debió integrar señales provenientes de las entradas visuales de la retina con diversas señales propioceptivas, cada una de las cuales se procesan primariamente en áreas separadas del cerebro. A pesar de las diferencias existentes en las distintas modalidades sensoriales existe un tipo de información que posee un denominador común, en este caso, por ejemplo, el de 'oblicuidad'. El sistema de NE en el LPI, que se desarrolló originalmente para habilitar la creación de un mapeo directo entre la visión y la percepción del movimiento, pudo haberse diversificado en forma subsiguiente para posibilitar otras formas de mapeos perceptuales cruzados. El LPI, aun más que el resto de la corteza, experimentó una ampliación acelerado en la evolución filogenética que llevó a que los primates y homínidos hayan desarrollado las circunvoluciones angular y supramarginal en la intersección de los lóbulos parietales, temporales y occipitales del cerebro. Se ha sugerido que este mismo mecanismo ínter modal de codificación sensorio-motora, que se desarrolló inicialmente en primates no humanos para realizar movimientos precisos, evolucionó en los homínidos hasta posibilitar procesos de abstracción mental que son exclusivos de los seres humanos tales como la aritmética y la metáfora.

En consonancia con estas ideas, existen descripciones de pacientes con lesión en la circunvolución angular del LPI izquierdo que presentan trastornos en conceptos abstractos, por ejemplo sobre la ordinalidad y la cardinalidad de los números en coordenadas espaciales. Además, se ha comprobado que varios pacientes con AI, presentan dificultades en la comprensión no sólo de las acciones de otros individuos, sino también en la correcta interpretación de metáforas. William Shakespeare, al escribir "Julietta es el sol", yuxtapone dos conceptos aparentemente sin relación, para revelar el común denominador del resplandor y de la calidez. Esta metáfora del gran poeta inglés, que pacientes con AI típicamente no pueden interpretar, puede servir además de ejemplo de cómo el mono macaco al que antes se hizo referencia extrajo de la misma manera el común denominador de "oblicuidad" de la integración visual y cinestésica.

5. El sistema de NE y la interacción entre los sistemas de codificación sensorio-motores y conceptuales

Según la hipótesis de la "cognición corporizada" (HCC), el aprendizaje y comprensión de los conceptos se realiza en la forma de una "simulación" sensorial y motora. En el otro extremo se encuentra la hipótesis "a-modal" de la representación semántica, o hipótesis de la cognición "des-corporizada", según la cual los conceptos no están constituidos por información codificada en los sistemas sensoriales y motora, sino que las representaciones conceptuales son codificadas en forma cualitativamente distinta, "simbólica" o "abstracta", y en áreas cerebrales enteramente separadas. De acuerdo a esta concepción la estructura interna del concepto no se asemeja a los estados perceptivos de cuál ella se origina. Por ejemplo, la representación a-modal del color de un objeto en la ausencia de ese objeto está situada en un sistema neural que es distinto al sistema de codificación neural de los objetos concretos de los cuales el concepto de color pudo haberse originado. Esta perspectiva constituye una variante de la psicología tradicional en la que persiste la idea dualista de que las representaciones conceptuales son a-modales (es decir, no-sensoriales ni motoras). Por el contrario la HCC es una manera monista de interpretar la psicología del ser humano y animal, encarnada en la fisiología del cerebro y del cuerpo. No se trata de una posición reduccionista porque la HCC considera a la

actividad cognitiva de un individuo ocurriendo en situaciones concretas del mundo real, y contribuyendo a la actividad apropiada del individuo en ese entorno. En esta perspectiva la codificación de las representaciones conceptuales resulta de mecanismos de la senso-percepción y a la acción del individuo, que se solapan substancialmente.

Existen algunos problemas en la concepción a-modal de la cognición, como por ejemplo, para explicar cómo los estados perceptivos se convierten en símbolos a-modales. Por otro lado, existe evidencia empírica que contradice la plausibilidad de esta hipótesis. Por ejemplo, técnicas de imágenes cerebrales que muestran la actividad del cerebro humano de sujetos normales durante la realización de tareas de procesamiento semántico evidencian activación de áreas sensoriales y motoras en forma concomitante. Tales observaciones se han interpretado en apoyo a la hipótesis de la cognición corporizada y en oposición a la hipótesis de la cognición des-corporizada.

6. Comentarios

El propósito de este trabajo ha sido describir las características funcionales del sistema de NE, y demostrar cómo un mecanismo que en la evolución natural de las especies se constituyó originalmente para el control del movimiento pudo devenir en un mecanismo básico del aprendizaje y comprensión de conceptos y otros aspectos de la cognición.

En esta presentación no se ha discutido la hipótesis que vincula al sistema de NE con la evolución y control del lenguaje. Si bien no es posible hacer una reconstrucción de cómo el lenguaje apareció en la evolución, algunas evidencias apoyan fuertemente la hipótesis de que el lenguaje humano se desarrolló de la comunicación gestual no-intencional en mayor medida que del sistema de llamadas de los animales actuales, como por ejemplo que durante el proceso del habla existe activación de áreas cerebrales no específicas del lenguaje, particularmente del sistema del motor. Tampoco se ha discutido la hipótesis que vincula al sistema de NE con la “teoría de la mente”, y la lectura de intenciones, creencias y deseos de otros individuos a través de la observación de sus acciones.

Los resultados de las investigaciones neurocognitivas sugieren que en el cerebro de los primates, el sistema de NE, desempeña un papel principal en

varios aspectos relacionados del aprendizaje, realización y comprensión de las acciones, y que sirve también de base para la integración de información abstracta, para el procesamiento del lenguaje y capacidades de la cognición social. Estos resultados son consistentes con la “corporización” de varios aspectos de la cognición en el sistema de NE. Existen varios ejemplos de este tipo en la evolución natural del sistema nervioso de los vertebrados, en los que estructuras que se desarrollaron originalmente para determinadas funciones específicas, sirvieron también de base a otras funciones.

7. Bibliografía

Aziz-Zadeh, L.; Wilson, S.M.; Rizzolatti, G.; Iacoboni, M. (2006). Congruent embodied representations for visually presented actions and linguistic phrases describing actions. *Current Biology*, 16: 1818-1823.

Barsalou, L.W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 22: 577-660.

Chong, T.J.; Cunnington, R.; Williams, M.A.; Kanwisher, N. ; Mattingley, J.B. (2008). fMRI Adaptation Reveals Mirror Neurons in Human Inferior Parietal Cortex. *Current Biology* 18: 1576-1580.

Dapretto, L.; Davies, M.S.; Pfeifer, J.H.; Scott, A.A.; Sigman, M.; Bookheimer, S.Y.; Iacoboni, M. (2006). Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders. *Nature Neurosciences*, 9: 28-30.

Fogassi, L.; Ferrari, Pier, F. (2007). Mirror Neurons and the evolution of embodied language. *Current Directions in Psychological Science*, 16: 136-141.

Fogassi, L., Ferrari, P.F., Gesierich, B., Rozzi, S., Chersi, F., and Rizzolatti, G. (2005). Parietal lobe: From action organization to intention understanding. *Science*, 308: 662-667.

Gallese, V. (2007). Before and below 'theory of mind': embodied simulation and the neural correlates of

Gallese, V.; Keysers, C.; Rizzolatti, G. (2004). A unifying view of the basis of social cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 8: 396-403.

social cognition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 362: 659-669.

- Gazzola, V.; Aziz-Zadeh, L.; Keysers, C. (2006). Empathy and the somatotopic auditory mirror system in humans. *Current Biology*, 16: 1824-1829.
- Glenberg, A.M.; Kaschak, M.P. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic Bulletin Reviews*, 9: 558-565.
- Glenberg, A.M. (2006). Naturalizing Cognition: The Integration of Cognitive Science and Biology. *Current Biology*, 16: 801-804.
- Glenberg, A.M., Sato, M., Cattaneo, L., Riggio, L., Palumbo, D., and Buccino, G. (2006). Processing abstract language modulates motor system activity. *Q.J. Expl. Psychol.*, in press.
- Lakoff, G. (1987). *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal about the Mind* (Chicago: University of Chicago Press).
- Mahon, B.Z.; Caramazza, A. (2008). A critical look at the embodied cognition hypothesis and a new proposal for grounding conceptual content. *Journal of Physiology*, 102: 59-70.
- McGeoch, P.D. (2007). Apraxia, metaphor and mirror neurons. *Medical Hypotheses* 69: 1165-1168.
- Newell, A. (1980). Physical symbol systems. *Cognitive Sciences*, 4: 135-183.
- Rizzolatti, G.; Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27: 169-192.
- Searle, J.R. (1980). Minds, brains, and programs. *Behavioral and Brain Sciences*, 3: 417-457.
- Shapiro, L. (2004). *The Mind Incarnate* (Cambridge: The MIT Press).

Título del trabajo: **Neuronas Espejos, Intersubjetividad y Desarrollo Temprano.**

Autor: Mauricio Sebastián Martínez

E-mail: martinez_ms75@hotmail.com

Institución: UBA – A. Pa. De A. (Asociación Argentina de Padres de Autistas).

Resumen:

Clásicamente la capacidad que poseemos las personas, y algunos primates, para atribuir estados mentales (intenciones, deseos, creencias, etc.) se ha intentado explicar desde dos perspectivas. La primera de ellas, usualmente